9

Über

den feineren Bau

des

elektrischen Organs im Zitterrochen

von

Rudolph Wagner.

Mit einer lithographirten Tafel.

Aus dem dritten Bande der Abhandlungen der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen.

Göttingen,
in der Dieterichschen Buchhandlung.
1847.

Mit dem Bau des elektrischen Organs im Zitterrochen (Torpedo) haben sich, seit Hunter [1]) vor beinahe 80 Jahren die ersten genaueren Untersuchungen gab, bis auf Delle Chiaje [2]), Valentin [3]) und Paolo Savi [4]) in der jüngsten Zeit, verschiedene Anatomen beschäftigt, der Physiker nicht zu gedenken, welche, wie Davy [5]), und in den letzten Jahren vorzüglich Matteucci [6]), auch gelegentliche Bemerkungen über die anatomischen Verhältnisse gaben. Gleichwohl sind wir noch weit davon entfernt, eine vollständige Kenntniss der feineren Organisation zu besitzen. In physikalischer Hinsicht scheint, nach dem gegenwärtigen Stande der Elektrizitätslehre, zunächst nichts Neues geliefert werden zu können, indem namentlich Matteucci's Arbeiten den Gegenstand ziemlich abgeschlossen haben, welche sich an Faraday's [7]) frühere Arbeiten über den Zitteraal und die noch älteren Beobachtungen Alexan-

1) John Hunter philosoph. transactions 1773. P. II.

2) Delle Chiaje anatomiche disamine sulle torpedini. Napoli 1839. 4.

3) Mein Handwörterbuch der Physiologie. Valentin's Artikel: Elektrizität der Thiere. Bd. I. S. 251.

4) Paul Savi Etudes anatomiques sur le système nerveux et sur l'organe électrique de la torpille. Paris 1844. Als Anhang der Schrift von Matteucci.

5) Humphry Davy in philosophical transactions 1829.

6) Matteucci Traité des phenomènes électro-physiologiques des animaux. Paris 1844.

7) Faraday in philosophical transactions 1839.

der von Humboldt's [1]), auch in zoologischer und anatomischer Hinsicht, über den letztern Fisch anschlossen. Dagegen ist noch ein reiches Feld für die Experimentalphysiologie vorhanden, und ich müsste mich sehr irren, wenn nicht früher oder später die elektrischen Fische, wie überhaupt die Lehre von der Elektrizität, noch die wichtigsten Aufschlüsse über die Natur der Nervenkraft geben sollten. Ehe wir aber auf diesem Gebiete weiter vorwärts gelangen können, ist es nöthig, die anatomische Grundlage bis in ihre feinsten Elemente herzustellen. Hiezu soll gegenwärtige Abhandlung ein Beitrag seyn, und obwohl dieselbe noch mehrere wichtige Fragen ungelöst lässt, so glaube ich doch dieselben einer Lösung um einige Schritte näher geführt zu haben.

Ehe ich meine eigenen Beobachtungen mittheile, will ich eine kurze Übersicht der beiden neuesten, eben angeführten Arbeiten von Valentin und Savi, geben. Valentin hat allerdings nur Weingeist-Exemplare untersucht, aber hier Mehreres richtig erkannt. Die gröberen Verhältnisse übergehe ich und setze alles, was die allgemeine Anordnung des elektrischen Organs, den Ursprung und die Vertheilung der Nervenstämme betrifft, als bekannt voraus.

Nach Valentin besteht das Organ aus einer Menge von drei- und sechseckigen bis rundlichen, von oben nach unten senkrecht gestellten Gebilden, von denen jedes einer aufgebauten galvanischen Säule gleicht. Die Randbegrenzung jeder Säule bildet eine etwas dichtere sehnigte Membran, eine aponeurotische Scheidewand, welche scheinbar dieselben Dienste, wie die seitlichen Glasstäbe einer aufgebauten galvanischen Säule, leistet und vielleicht als Isolator wirkt. Innerhalb jeder dieser Säulen sind eine grosse Menge von Blättchen, die sogenannten Septa, quer aufgeschichtet. Bei der Ansicht von der oberen oder unteren Fläche des Fisches sieht man auf die obersten oder untersten Septa. An den Seitenflächen der Säulen erkennt man die Randbegrenzungen der aponeurotischen Scheidewand als zwei helle, senkrechte Linien, innerhalb welcher die Septa sich quer bis querwellig gebogen darstellen. Die Scheidewände sind feiner, als beim Zitteraale, und bestehen in ihrer Grundmasse aus eigenthümlichen sehnigten bis sehnigt elastischen Faserbündeln. Die

---

1) A. de Humboldt Recueil d'observations de Zoologie et d'Anatomie comparée. Paris 1811.

Septa enthalten eine mittlere Grundmembran und zwei auf beiden Seiten der letzteren aufliegende Epithelialschichten. Die Grundmembran bildet ihrer Hauptmasse nach eine sehr verdünnte Fortsetzung der Scheidewand und erscheint an und für sich durchsichtiger und bei geeigneten Präparaten feinfaserig. Die auf ihren beiden freien Oberflächen befindlichen Epitheliallagen bilden einen Körnerüberzug und stellen vielleicht im ganz frischen Zustande Epithelialzellen mit Kernen (und an den Zellenwandungen abgelagerten Körnchen) dar. Dieser Überzug bekleidet auch diejenigen Oberflächentheile der Scheidewände, welche gegen die Zellenräume der Säule gekehrt sind. In den Zwischenräumen zwischen den Septis existirt eine Flüssigkeit. Jede Säule stellt sich etwa dar wie aus einer Menge von parallelepipedischen Kästchen aufgebaut. Die letzteren haben doppelte Wandungen, eine innere, die Epitheliallage, und eine äussere, die Grundmembranen der Septa und die aponeurotischen Scheidewände. Hat man ein einzelnes Septum der Fläche nach ausgebreitet, so erkennt man unter dem Mikroskop in ihm sehr gut, selbst in Weingeistexemplaren, die Ausbreitung der feinsten Blutgefässe und Nerven. Beide verlaufen in verschiedenen Höhen. Valentin vermuthet, dass die Endgeflechte der Nerven mehr nach der oberen oder Rücken-, die feinsten Blutgefässnetze mehr nach der unteren oder Bauchseite hin liegen. Valentin hält jedoch diese Vermuthung in ihrer Allgemeinheit für sehr problematisch. Die Endplexus der Nerven gleichen im hohen Grade denjenigen Endgeflechten, welche in den quergestreiften Muskeln vorkommen. Was die Nerven betrifft, so beschreibt Valentin vier Hauptstämme, einen vom trigeminus und drei vom vagus kommende, wozu dann noch ein vierter, hinterster feiner Faden des vagus kommt. Die Stämme der Nerven geben, ehe sie ins elektrische Organ treten, dünnere Zweige zu den Kiemen, welche, wie Valentin gemeinschaftlich mit Bendz fand, gangliöse Anschwellungen mit peripherischen Nervenkörpern haben, während sie in den weit stärkeren Bündeln der elektrischen Nerven nichts der Art vorfanden. Nach Valentin kann man nun entweder mit Bendz die elektrischen Nerven als ganz eigenthümliche betrachten, oder folgendermassen deuten. Der ramus electricus nervi trigemini gehört zur motorischen portio minor des fünften Paars. Die n. n. vagus und accessorius sind hier, wie überhaupt bei den niederen Wirbelthieren, grösstentheils verschmolzen, existiren

als ein gemeinsames System von sensiblen (vagus) und motorischen (accessorius) Fasern. Das Quantum der motorischen Fasern, das schon in den Reptilien im vagus sehr gross ist, weil hier eben der accessorius schon auf ein Minimum reducirt ist, erreicht im Zitterrochen das Maximum ihres Uebergewichts. Sie erscheinen hier als die starken elektrischen Äste, während die sensiblen vorzüglich zu den Kiemen, den Eingeweiden und der Haut gehen; doch dringen aus den Kiemenzweigen noch einzelne Reiser gegen das elektrische Organ hin. Was Valentin über die Struktur der elektrischen Lappen am Gehirn des Zitterrochens bemerkt, übergehe ich hier [1]).

Savi hat gegen Valentin den Vortheil gehabt, frische Exemplare von Torpedo zu untersuchen. Nach seinen Beobachtungen sind die elektrischen Organe sowohl oben als unten mit einem gemeinschaftlichen Überzug versehen, dem der übrigen Körperbedeckungen ähnlich. Nimmt man diese Hautdecke weg, so sieht man eine ziemlich starke aponeurotische Lage, die aus sich kreuzenden Fasern besteht und sich an die Wände der Höhlen legt, welche die elektrischen Organe zu beiden Seiten des Körpers aufnehmen. Jedes Organ besteht, wie man seit lange weiss, aus einer Menge grösstentheils sechseckiger Säulen, welche von oben nach unten gerichtet, nebeneinander stehen und mit ihren Grundflächen nach der Bauch- und Rückenseite des Thiers gekehrt sind. Jede dieser kleinen Säulen ist in eine entsprechende Höhlung eingeschlossen, welche ebenfalls durch ein aponeurotisches Gewebe, ähnlich dem oben beschriebenen, ausgekleidet wird. Die Substanz, aus welcher jede Säule besteht, gleicht auf den ersten Blick einer schleimigen Masse, einer zitternden Gallerte. Bei der Untersuchung unter dem Mikroskop aber sieht man leicht, dass sie aus einer ausserordentlichen Menge sehr feiner Membranen zusammengesetzt ist, welche quere Diaphragmen darstellen, die in der Richtung der Axe der kleinen Säule übereinander geschichtet sind. Diese Diaphragmen sind am Rande verwachsen; zwischen denselben aber findet sich eine Höhlung,

---

1) Ich beschränke mich überhaupt in dieser Abhandlung blos auf das elektrische Organ als solches. Was den Bau der lobi electrici im Gehirn betrifft, so verweise ich darüber auf den Artikel: Sympathischer Nerv, Ganglienstruktur und Nervenendigung in meinem Handwörterbuch d. Physiologie. Bd. III. 1te Abth.

welche von einer hellen Flüssigkeit ausgefüllt wird. Den Raum zwischen je zwei Diaphragmen kann man mit der grössten Leichtigkeit sowohl mit Luft, als mit Quecksilber ausfüllen, und man sieht auf diese Weise die Zwischenräume selbst sphärische Gestalt annehmen. Savi konnte sich nicht überzeugen, ob jedes Diaphragma nur von einer oder von zwei Häuten gebildet wird; er hält das letztere für wahrscheinlicher, glaubt aber, dass wir der anatomischen Hülfsmittel entbehren, um es nachzuweisen. Mit ihren Rändern sind die Diaphragmen an der aponeurotischen Hülle angeheftet, welche jedes Prisma d. h. jede Säule überzieht. Schwierig ist es aber, sich eine genaue Vorstellung von der Art zu machen, wie diese Hüllen unter sich, mit der allgemeinen Hülle des Organs und wieder mit den Diaphragmen in Zusammenhang stehen. Wie diess aber auch seyn möge: die Faserschichten dieser Hülle geben dem ganzen Organe seine Consistenz und erhalten die einzelnen Prismen in ihrer nothwendigen wechselseitigen Lage. Die Zahl der Flächen der Prismen ist in der Regel sechs, obwohl sie nicht immer constant ist. Da diese Flächen wahrscheinlich durch das gegenseitige Drängen der cylindrischen Prismen entstanden sind, so ist die Zahl derselben kleiner bei den Prismen des Randes, welche nach einer Seite frei sind. Die Höhe der Prismen ist ebenfalls nicht gleich in demselben Organ. Die im Mittelpunkte des Organs liegenden, so wie die in der Nähe der Kiemen, sind die längsten, die der äusseren Peripherie sind die kürzesten. Während die im Centrum gelegenen Prismen ganz vertikal stehen, sind die der äusseren Peripherie ein wenig geneigt oder gekrümmt. Alle für das elektrische Organ bestimmten Nerven entspringen mit ihren Primitivfasern, welche doppelte Contouren zeigen, aus den elektrischen Lappen, vereinigen sich an der unteren Fläche derselben in Bündel und durchsetzen beim Austritt seitlich das verlängerte Mark. Ohne sich weiter zu verändern, theilen sich die Nerven in immer dünnere Bündel, welche sich an die verschiedenen Prismen des elektrischen Organ's verzweigen. Savi hat sich auf das Bestimmteste überzeugt, dass keine Ganglien an diesen Nerven vorkommen, und betrachtet diess als ein constantes Merkmal; dagegen haben alle Zweige des fünften Paars, welche an die von Savi entdeckten Schleimbeutel (follicules muqueux) treten, so wie diejenigen des vagus, welche für die Kiemen, den Magen und zur Bildung der Seitennerven bestimmt sind, Ganglien

aufzuweisen. Diese Nerven, mit Ausnahme des letzten Zweigs vom vagus, dringen, nachdem sie den Schädelknorpel und die Kiemenhöhlen durchbohrt haben, zwischen die Prismen des elektrischen Organs ein, indem sie eine bandförmige Gestalt annehmen, die geeignet ist, zwischen den Prismen nicht zu viel Raum einzunehmen. Dann breiten sie sich mit ihren Ästen nach oben und unten an die Prismen aus. Der einzelne, letzte, (schon von Valentin bemerkte) Zweig des vagus, löst sich von dem letzten Bündel dieses Nerven, das für die Kiemen, den Seitennerven und den Magen bestimmt ist, ab, läuft hinten eine ziemliche Strecke um das Organ und dringt erst dann ein. Savi konnte nicht entdecken, wie die feineren Nervenzweige von den Prismen zu den Diaphragmen sich begeben; aber er sah sehr deutlich, dass blos die Primitivfasern sich hier ausbreiten. Um diess zu sehen, muss man suchen, ein einzelnes Diaphragma auf den Objektträger des Mikroskops zu bringen, was sehr schwierig zu erreichen ist und wofür Savi eine eigene Methode angiebt. Ist es gelungen, so sieht man sehr schön das Netz der Primitivfasern. Sie bilden regelmässige achteckige Maschen. Savi theilte diese Beobachtung, welche er im Winter 1840 machte, im Oktober desselben Jahres bei dem Congress der italienischen Gelehrten in Florenz mit, und wiederholte dieselbe später, so dass er keinen Zweifel mehr hatte über die dichotomische Verzweigung und maschenförmige Wiedervereinigung dieser Zweige. Die Primitivfasern, welche in die Maschenbildung eingehen, haben dieselbe Structur und denselben Durchmesser wie diejenigen, welche an's elektrische Organ treten und sich auf den Prismen vertheilen. Diese Elementarfibrillen entspringen oder gehen unter rechtem Winkel von den Nervenbündeln ab. Die Maschen sind nicht gleich gross, und eben so sind ihre Seiten ungleich. Jedes Diaphragma, wenn man es sorgfältig isolirt, zeigt nur ein einfaches Maschennetz, also eine einfache Schicht von Nervensubstanz. Savi war bemüht, sich zu überzeugen, wie diese centrifugalen Fasern wieder in centripetale übergehen. Er fand aber dabei so viele Schwierigkeiten, dass er zu keinem Resultate kam und nur Vermuthungen ausspricht. Savi hält zwei Fälle für möglich: entweder wird das Maschennetz auf jedem Diaphragma von nur zwei Primitivfasern, einer centripetalen und einer centrifugalen gebildet oder es wird durch die Verbreitung mehrerer Primitivfasern zusammengesetzt. Er hält die erstere

Hypothese für wahrscheinlicher. Was die Blutgefässe betrifft, so fand Savi durch feine Injectionen, dass auf jedem Diaphragma zahlreiche Arterienzweige sich verästeln. Er zählte sieben bis acht Verästelungen, welche sich manchfaltig durchkreuzen. Die Gefässe kehren in Venenstämmchen zurück, welche dem Weg der Nervenstämme folgen und zuletzt in die Kiemenhöhlen gelangen.

Während des letzten Winters ($18^{46}/_{47}$), welchen ich in Pisa zubrachte, hatte ich mehrfache Gelegenheit, ganz frische Torpedines zu untersuchen. Herr Matteucci liess sogar fast wöchentlich Zitterrochen, wie sie eben gefangen waren, von dem vier Meilen entlegenen Fischer- und Badeort Viareggio im Lucchesischen kommen, und fast immer waren einige darunter noch lebend, so dass ich das Vergnügen hatte, mich von sämmtlichen Thatsachen zu überzeugen, welche jener ausgezeichnete Physiker über die elektrischen Phänomene dieser Thiere bekannt gemacht hat. Auch die Funkenerzeugung gelang vollkommen, und wenn die scheintodten Fische in Wasser von etwas erhöhter Temperatur gebracht wurden, so gelang es auch mir öfter, neue Entladungen hervorzurufen. Ich benutzte später von Mitte Januar bis Mitte April die Gelegenheit, indem ich mir alle Wochen frischgefangene, jedoch meist während des Transports von Viareggio bis Pisa abgestorbene Fische zur anatomischen Untersuchung bringen liess. Schon im November des Jahres 1846, wo ich das erste Exemplar eines Torpedo Galvanii oder marmorata von der Mündung des Arno erhielt, war ich auf eine merkwürdige Bildung in der Structur der Ganglien gekommen und hatte mich zugleich von der dichotomischen Theilung der Primitivfasern im elektrischen Organe, wie sie Savi angab, überzeugt. Ende December erhielt ich neue Exemplare und machte davon eine Mittheilung an die Königliche Societät [1]). Hier hatte ich jedoch noch eine Wiedervereinigung der getheilten Primitivfasern zu einem Maschennetz angenommen. Ich berichtigte diese Beobachtungen in der Folge, indem ich nachwies, dass die Primitivfasern, nachdem sie sich an einem Punkte in eine grosse Anzahl (12 bis 25) Äste getheilt haben, zwar zahlreiche

1) Neue Untersuchungen über die Elemente der Nervensubstanz. Vorgelegt der K. Societät am 1ten Februar 1847. Abgedruckt in den Nachrichten von der G. A. Universität und der K. Gesellsch. d. Wissensch. 1847. nro 2. Februar 15.

zwei- und dreifache Spaltungen und weitere feine Ramificationen wahrnehmen lassen, dann aber so in Parenchyme frei, mit höchst feinen Enden, auslaufen, dass sie niemals, weder unter sich noch mit andren Primitivfasern ein Maschennetz bilden [1]). Ich zeigte, wie mehrere aufeinander liegende Äste in der Doppelschicht von elektrischem Gewebe, in einem und demselben Diaphragma, Herrn Savi getäuscht haben. Auch waren die von diesem vortrefflichen Naturforscher angewendeten und in seinen Abbildungen [2]) wiedergegebenen Vergrösserungen eines Amici'schen Mikroskop's [3]) weder stark, noch klar genug, um sich eine genügende Anschauung zu erwerben.

Eine kurze, durch Abbildungen erläuterte Beschreibung dieser merkwürdigen Nervenverzweigungen, gab ich sodann in einer kleinen zu Anfange dieses Jahres publicirten Schrift [4]). In derselben konnte ich zugleich die weiteren Entdeckungen aufnehmen, welche ich noch in Pisa über die Verzweigung der Nerven in den Muskeln machte. Die grosse Verwandtschaft des elektrischen Organs mit den willkührlichen Muskeln, nicht in der histologischen Beschaffenheit derselben, wohl aber in Bezug auf die Verhältnisse beider zu den centripetalen Nervenfasern und zu den neuromotorischen Centralorganen, liessen mich eine Analogie in der endlichen Ausstrahlung der Nervenprimitivfasern vermuthen, was sich auch durch die Untersuchung vollkommen bestätigte. Da ich auf diese so interessanten Verhältnisse hier nicht weiter eingehen kann, so verweise ich deshalb auf die obige Schrift und eine andere neuere Arbeit über denselben Gegenstand [5]).

Ich habe später meine Untersuchungen auf den gesammten Bau des elektrischen Organs ausgedehnt, und wenn ich hier die Arbeiten von Valentin und Savi auch erweitern und vervollständigen konnte, so bin ich doch kei-

---

1) Nachrichten von der G. A. Universität u. s. w. 1847. nro 5. April 26.

2) Etudes anatomiques etc. pl. I. fig. 3.

3) Es war diess kein in den *letzten* Jahren von Herrn Amici in Florenz gefertigtes, sondern schon älteres Instrument.

4) Neue Untersuchungen über den Bau und die Endigung der Nerven und die Struktur der Ganglien. Leipzig 1847. 4to. Mit 1 Kupfertafel.

5) Artikel: Sympathischer Nerv, Ganglienstruktur und Nervenendigung, im 3ten Bande meines Handwörterbuchs der Physiologie.

neswegs zu einer erschöpfenden Analyse des Bau's gelangt. Die grossen Schwierigkeiten, welche uns fast bei allen histologischen Untersuchungen, sobald es sich um das letzte Detail handelt, entgegentreten, finden sich auch hier, und so klar auch, z. B. im Verhältniss zum Muskelgewebe, die Endausbreitungen der Nerven im elektrischen Gewebe erscheinen, so schwierig sind dagegen einige andre Momente im Bau des elektrischen Organ's zu erkennen. Man bedarf hiezu möglichst klarer und möglichst starker Vergrösserungen und zweckmässiger Beleuchtungen. Von grossem Nutzen war mir ein ganz vortreffliches Linsensystem, welches ich durch Herrn Oberhäuser erhielt und immer zur letzten Controle meiner Beobachtungen anwandte [1]). Auch ist es durchaus nöthig, die Zitterrochen ganz frisch getödtet zu untersuchen.

Ich habe die meisten Beobachtungen an mittelgrossen Exemplaren von Torpedo narke s. ocellata angestellt, welche bei Viareggio bei weitem häufiger vorkommen, als Torpedo Galvanii ohne Augenflecken. Sehr grosse, ganz ausgewachsene Exemplare waren selten. Eben so konnte ich leider keine Fötus erhalten. Sonst ist bei beiden Arten der Bau ganz gleich. Torpedo Nobiliana von Bonaparte habe ich nie zu sehen Gelegenheit gehabt. Doch zeigte mir Herr Koch in Triest einen sehr grossen, eigenthümlich gefärbten Zitterrochen aus dem adriatischen Meere, welcher vielleicht mit jener Bonapartischen Art

---

1) Es war das Linsensystem nro 8, wie es gewöhnlich Herr Oberhäuser seinen grösseren Instrumenten beizugeben pflegt. Wie wenig man im Allgemeinen auf die blossen Namen der Ateliers der Optiker und die von denselben ausgehenden Instrumente Werth legen darf, habe ich in Pisa wiederholt erfahren. Ein kleines vorzügliches Instrument von Schiek, das ich mit hatte, stand dem kleinen mir von Oberhäuser gesendeten nach, übertraf aber den grösseren Oberhäuser im physikalischen Kabinet in allen Combinationen, übertraf auch das Amici'sche Instrument im zoologischen Museum, während Professor Pacini sich im Besitze eines sehr guten Amici'schen Mikroskopes von derselben ansehnlichen Grösse befand, das ich zu vergleichen Gelegenheit hatte. Es ist daher immer bedenklich, die Instrumente im Allgemeinen nach ihren Meistern, wie jüngst geschehen, zu klassificiren. Ich muss bedauern, dass ich nur kleine Instrumente von Schiek und Oberhäuser zur Disposition hatte, welche zwar bequem für Reisen sind, aber nicht die oft nothwendigen Modificationen in den Beleuchtungen gestatten.

identisch war. Da die Elemente bei grossen Exemplaren im Allgemeinen etwas grösser sind, so dürfte sich für die Folge diese Art besonders zu anatomischen Untersuchungen eignen.

Die Form und der Bau der Prismen des elektrischen Organs sind im Allgemeinen von Valentin und Savi ganz richtig angegeben. Die aponeurotische Hülle, welche die Höhle des Organs auskleidet, dieses selber überzieht und Fortsetzungen zwischen die Prismen oder Säulen schickt, kann man passend mit einer Muskelfascie, die Säulen selbst mit den Muskelbündeln vergleichen, wodurch die Parallele zwischen Muskel und elektrischem Organe noch grösser wird.

Es kommen an den Säulen zweierlei Fasersysteme vor. Ein gelbes, zuweilen fast goldgelbes oder ins Weisse übergehendes, dem Sehnengewebe oder dem gelben fibrösen Gewebe am meisten ähnliches, besteht aus ziemlich starken, meist gradlinig verlaufenden Fibrillen, deren mehrere zusammen häufig gerade [1]) oder wellenförmig [2]) gebogene bandartige, ziemlich breite Bündel formiren, die man ihres ganzen, zumal glänzenden Ansehens wegen sehr leicht für Nerven halten kann, zwischen welchen aber vielmehr nur die breiten Nervenfibrillen, gemeiniglich in mehrfacher Anzahl, verlaufen, um sich zu den Wänden der Prismen zu begeben [3]). Dieses Gewebe bildet ansehnliche Schichten, welche kranzartig die Prismen, also auch die queren Platten umziehen [4]). Zwischen diesen Bündeln kommen vereinzelte starke, kernlose Fasern vor [5]), welche sich fein zertheilen und eben so wenig als die Bündel von Essigsäure auffallend angegriffen werden. Zugleich mit denselben treten die gewöhnlichen, sehr dünnen, vielfach gekräuselten Zellgewebsfibrillen auf [6]), zwischen denen man kleine kernartige Gebilde hie und da wahrnimmt [7]), von welchen mir es zweifelhaft war, ob, wie es öfter scheint, Fasern von ihnen entspringen. Die

1) S. Fig. V. a der beigefügten Tafel.
2) Ebendas. b. c.
3) Ebendas. d. d.
4) Fig. II. A. II. B. a. a. a. a.
5) Fig. VI. a.
6) Ebendas. c.
7) Ebendas. b. b.

feinen Nervenzweige [1]), welche ihre Primitivfasern zu den Prismen führen, gehen in mehr oder weniger genauen rechten Winkeln auf dieselben und zwar auf deren Mitte; denn die stärkeren Nervenbündel theilen bei ihrem Eintritte das Organ ziemlich genau in eine obere und untere Hälfte. Nach oben und unten gehen dann feinere Zweige und bald einzelne Primitivfasern ab [2]), welche theils an den Wänden der Prismen, theils auf den queren Scheidewänden sich auf eine bald näher zu beschreibende Weise in Äste verzweigen.

Die queren Scheidewände oder Diaphragmen sieht man schon mit blossem Auge, noch besser aber mit der Loupe [3]). Bei stärkerer Vergrösserung mittelst des zusammengesetzten Mikroskop's sieht man, dass jede Säule [4]), wie etwa übereinander geschichtete Goldstücke, in Abtheilungen getheilt ist. Jede Abtheilung stellt den Raum zwischen je zwei Querplatten dar, welche nach aussen durch etwas convexe Ränder ineinander übergehen. Dadurch werden so zu sagen kleine Kästchen gebildet, welche von einander durch eine schmale etwas durchsichtigere Schicht abgesondert werden. Die Höhe eines solchen Kästchens [5]) beträgt bei mittelgrossen Torpedines $1/40$ bis $1/50$ Linie, der durchsichtige Trennungsstreif, als Ausdruck der Schicht, welche Boden und Decke von je zwei Kästchen trennt [6]), misst ungefähr $1/300$ Linie.

Inwendig sind diese Kästchen mit einer Flüssigkeit ausgefüllt, welche beim Ausfliessen ganz feine Molekeln zeigt. Wie schon Savi bemerkt hat, so erscheint bei frischen Thieren das oberste Septum jedes Prismas immer gewölbt; trägt man die Septa zum Theil ab, so erscheinen die darunter liegenden ebenfalls immer gewölbt. Diess kommt von dem Druck der unteren Fläche her und weil die geschlossenen Kästchen ziemlich prall gefüllt sind, so dass die obersten queren Scheidewände, welche blos liegen, immer bauchig gespannt erscheinen.

---

1) Fig. I. b.
2) Fig. I. c. c. c. c. Fig. X. c. c. c.
3) Fig. I. bei ungefähr viermaliger Vergrösserung.
4) S. Fig. X.
5) Fig. X. a. a. a. a.
6) Ebendas. b. b. b. b.

Bestehen diese häutigen Kästchen aus einer oder mehreren Häuten? Auch ich wage mich nicht bestimmt darüber zu entscheiden, doch scheint es mir, als wenn allerdings rundum nach aussen, also nach innen vom aponeurotischen Überzuge der Prismen, eine durchscheinende, fast structurlose Grundmembran, ähnlich wie bei vielen oder allen Drüsen vorhanden wäre, während die Innenfläche von einer sehr zarten fein granulirten Membran, mit einzeln eingestreuten Kernen ausgekleidet wird. Nicht selten sieht man auch nach aussen um die Säulen herum, unter der sehnigen Hülle, quere bandartige Streifen [1]) fein punktulirt mit Kernen, von deren Natur und Verbindung ich mich nicht genau überzeugen konnte. Es ist überhaupt ausserordentlich schwer, wegen der grossen Weichheit des Organs, dasselbe so zu handhaben, dass man einen genauen Begriff von der mechanischen Anordnung bekommt [2]).

Eben so schwer ist es, wie auch Savi angiebt, sich ein einzelnes Septum, oder gar den Boden oder die Decke eines Kästchens isolirt zu verschaffen und auf der Glasplatte des Mikroskops auszubreiten. Begreiflicher Weise besteht jedes Septum oder Diaphragma aus drei mit einander verschmolzenen Platten, nämlich 1) dem Boden eines Kästchens, 2) der Decke des nächst unteren Kästchens und 3) der durchsichtigen Schichte, Lamelle, welche als Grundmembran jedes Kästchen äusserlich überzieht und vom Überzuge der Prismen stammt. Nur das oberste und unterste Kästchen oder Diaphragma jeder Säule macht hievon eine Ausnahme; es besteht nur aus 1) der Lamelle der inneren Haut, 2) dem hier etwas stärkeren Überzug, als Basalmembran.

Im aponeurotischen Überzuge zwischen zwei Prismen verlaufen die Nerven und Blutgefässe. Dadurch entsteht an vielen Stellen eine so dicke Schicht, dass die Kästchen der Säule selbst von denen der anderen so abstehen, dass zwischen je zwei Säulen eine Lücke bleibt, welche eben durch Zellgewebe, Blutgefässe und Nerven ausgefüllt wird [3]).

---

1) Fig. IV.

2) Im Ganzen stimmt meine Ansicht mit der von Valentin überein. Seine a. a. O. S. 254. Fig. 4. S. 277. Fig. 13. gegebenen schematischen Darstellungen stimmen mit meiner Ansicht, nur sind die Kästchen im Verhältniss viel breiter und niedriger.

3) Fig. X zwischen der Säule A und B bei **.

Die Nerven bilden eine ausserordentlich beträchtliche Masse des Gewebes. Sobald die Nervenprimitivfasern aus dem Schädel heraustreten, werden sie mit einer immer an Dicke zunehmenden Scheide umhüllt, welche zuletzt in ihrem Durchmesser der halben oder ganzen ohnediess schon sehr dicken Markmasse der Primitivfaser gleichkommt [1]). Die Scheide hat ein streifiges Gefüge, scheint aus mehreren eng verbundenen Schichten zu bestehen, und in ihr sind längliche Kerne eingelagert. Ähnliche, wenn auch nicht ganz so starke Scheiden von Nervenprimitivfasern trifft man auch bei andren Thieren, z. B. beim Frosch [2]).

Bei einiger Mühe gelingt es, durch Abschnitte mittelst einer nach den Flächen gebogenen Scheere, sich Anschauungen zu verschaffen, wie die Nerven auf der Oberfläche der Säulen verlaufen [3]), ehe sie sich auf der inneren Auskleidemembran zuletzt ausbreiten. Die feinsten Zweige der Nerven enthalten noch 3, 4, bis 7 einzelne nebeneinander liegende, in ihre dicken Scheiden eingehüllte Primitivfasern [4]). Diese lösen sich dann von einander ab und verlaufen für sich kürzere oder längere Strecken, um sich an derselben Säule in ihre Endäste aufzulösen oder auch isolirt zu benachbarten Säulen zu treten [5]).

Jede einzelne Primitivfaser zeigt, wie alle frischen Nervenfibrillen, ein ganz homogenes Ansehen des Marks innerhalb ihrer Scheide, und von dieser ist die Grenze eben durch eine starke, dunkle Contour angezeigt, welche etwas wellenförmig verläuft. Sehr rasch bildet sich aber, besonders in Folge des Zutritts der Luft, des Wassers und andrer Flüssigkeiten, dieser dunklen Contour eine zweite, feinere, der ersteren in allen ihren winklichen und welligen Ausbeugungen folgende, mit ihr also ganz parallele Contour an. Diess geschieht sehr allgemein, obwohl bald mehr, bald weniger schnell, so dass man die doppelte Contour mit Recht als ein generelles Kennzeichen der Nervenprimitiv-

---

1) Fig. III. B. b. Meine Schrift: Neue Untersuchungen u. s. w. Fig. II und III.
2) Eine solche hat Henle aus dem N. ischiadicus beim Frosch abgebildet. Allg. Anatomie. Tab. IV. Fig. 5. H.
3) S. Fig. I. c. d. Fig. X. A. B.
4) Fig. X. A. c. c. c. B. d.
5) Ebendaselbst g. g. g. e. e. e.

fasern betrachtet und diese immer so abbildet [1]). Nach einiger Zeit, unter Druck, Einfluss von Reagentien u. s. w. erscheinen jene weiteren Veränderungen, welche alle Schriftsteller über Histologie zur Genüge geschildert haben, und die ich daher hier übergehe.

Alle Nervenprimitivfasern, welche für das elektrische Organ bestimmt sind, treten, so wie sie die Gehirnsubstanz verlassen haben, niemals in Ganglien ein und combiniren sich auch nie mit Ganglienkörpern. Alle gehören derjenigen Klasse von Fibrillen an, welche man die breiten oder dicken nennt; sie haben die grösste Übereinstimmung mit allen denen, welche bei Torpedo und bei allen Wirbelthieren für die willkührlichen Muskeln bestimmt sind; ja sie sind noch exclusiv breiter, d. h. es kommen unter ihnen gar nicht jene, vorzüglich dem sympathischen Systeme eigenthümlichen, den unwillkührlichen Muskeln zugehörigen, feinen Fibrillen vor.

Was die Durchmesser der Markcylinder dieser Primitivfasern betrifft, so oscilliren sie nur in geringen Verhältnissen zwischen $1/150$ und $1/200$ Linie, und diese Grösse behalten sie auch im Allgemeinen in ihrem Verlaufe bei, indem sie, wenigstens viele unter ihnen, noch etwas anschwellen. Irre ich nicht, so zeigen die rami electrici vom vagus noch etwas vorwaltend stärkere Durchmesser als jene des ramus electricus trigemini. Einzelne Fasern gewinnen wohl zuweilen einen Durchmesser im weiteren Verlauf von $1/100$ Linie, welchen sie dann auch gleichmässig bis zur Theilung am Ende behalten [2]). Manche Fasern aber nehmen gegen das Ende so zu, dass sie wirklich etwas kolben- oder keulenförmig geendigt erscheinen und hier selbst $1/80$ Linie im Durchmesser haben [3]). Jedenfalls kann man im Allgemeinen sagen, dass, gerade umgekehrt wie bei den Gefässen und vielleicht bei den sympathischen Fasern, die Markmasse eines Nerven im Verlauf stärker ist, als an seiner Wurzel.

Plötzlich an einer Stelle verliert das Mark seine doppelten Contouren, und es entspringen hier eine grössere oder geringere Anzahl Äste mit ganz feinen Würzelchen aus der Marksubstanz und bilden hier einen Büschel [4]), der sich

1) Fig. III. B. a. Fig. VIII. a.

2) Eine solche Faser siehe z. B. Fig. VIII. a und b.

3) Eine Faser dieser Art s. in Fig. III. mit ihrer Endausstrahlung bei d.

4) S. die oben citirten Figuren und Fig. X. A. B. e. g.

jedoch durch seitliche Ausbreitung der Äste, welche mit dem Stamm der Fibrillen verschieden grosse, zum Theil rechte Winkel bilden, bald zu einer Art Krone oder Dolde ausbreitet, von einer Seite gesehen auch oft ein kammförmiges Ansehen gewinnt [1]). Die Zahl dieser Äste ist etwas verschieden; meist gegen funfzehn, zuweilen zwölf. Weniger habe ich nicht gezählt, wohl aber öfters mehr, achtzehn, ja zwanzig, seltener noch mehr, bis auf fünf und zwanzig, welches die höchste von mir beobachtete Zahl war.

Sobald die Äste sich weiter ausbreiten, zeigen sie gewöhnlich auch bald die doppelten Contouren des Nervenmarks [2]). Hier möchte man veranlasst werden, anzunehmen, dass diese doppelten Contouren wirklich eine Art Rinde bezeichnen, jedenfalls eine Art Absonderung der äusseren Markschicht von der inneren. Denn dieselben fehlen immer und entstehen nie an den feineren Wurzelursprüngen der Äste aus dem Stammende der Fibrillen [3]); die Wurzeln aber erheben sich stets aus der Mitte der Marksubstanz. Jeder solcher Ast [4]) erhält von der allgemeinen dicken Scheide [5]) als Fortsetzung einen besonderen Überzug, welcher eben so als ziemlich weite, nur sehr durchsichtige Scheide [6]) den Ast in seinem weiteren Verlaufe begleitet. Eben solche längliche Kerne findet man von Zeit zu Zeit in der Scheide, zwischen ihr und dem Nervenmark abgelagert [7]). Die Äste haben dieselben etwas wellenförmigen Contouren, die man auch überall bei den Nervenfibrillen findet, so dass sie dadurch an verschiedenen Stellen verschiedene Durchmesser zeigen; doch kann man als mittlere Dicke etwa $\frac{1}{250}$ Linie, bald auch $\frac{1}{300}$ Linie annehmen. Vergleicht man aber die Masse der Nervensubstanz sämmtlicher Äste mit derjenigen der Fibrille, aus welcher dieselben ihren Ursprung nehmen, so beträgt dieselbe das Fünf- bis Achtfache der letzteren. Es ist also abermals eine

---

1) Fig. VIII. X.

2) Genau dargestellt Fig. III. B. e. e. e. e. e., weggelassen in Fig. VIII. c. c. c. c.

3) Wie man Fig. III. B. bei d sieht.

4) Die Äste e. e. e. e. Fig. III. B.

5) Fig. III. B. b.

6) Ebendas. im Verlauf der Fibrillen e. e. e. bei b. b. b.

7) Ebendas. c. c. c. und Fig. VII. e. e.

sehr beträchtliche Vermehrung der Markmasse in der Richtung der Peripherie in Vergleich mit dem Centrum eingetreten.

Die Auflösung einer Fibrille in ihre Astkrone erfolgt häufig schon früher, an der Wand der Säulen, ehe die Äste auf die Querblättchen eindringen [1]). Einzelne Nervenfasern legen sich an und ihre Äste kreuzen sich z. B. mit den Scheidewänden unter verschieden grossen Winkeln, stehen senkrecht auf dieselben oder gehen mit ihnen parallel. Von hier aus durchbohren nun einzelne Äste, um sich auf den Querplatten zu verzweigen, so dass jede Scheidewand von verschiedenen Primitivfasern ganz oder theilweise versorgt wird [2]). Ehe ich die Verzweigung der Nerven auf den Scheidewänden näher verfolge, muss ich eine genauere Beschreibung dieser selbst geben.

Jede Scheidewand bildet, wie wir oben gesehen haben, zugleich den Boden und die Decke von je zwei an einander stossenden, geschlossenen, mit Flüssigkeit gefüllten Abtheilungen, die ich mit übereinander geschichteten Kästchen verglichen habe. Ein solches Septum hat ungefähr $1/300$ Linie Dicke und besteht aus drei Lagen. Eine mittlere Lage, die vielleicht Fortsetzung der Membran ist, welche die Säulen überzieht. Jedenfalls sind aber in dieser sehr durchsichtigen höchst dünnen Lage, die nicht isolirt darstellbar ist, nur sehr wenige discrete fasrige Elemente wahrzunehmen. Einigemal gelang es mir aber doch zwischen den Nervenausbreitungen und Gefässen einzelne, ganz isolirte, wellenförmige, dunkle Fibrillen [3]) hie und da wahrzunehmen, welche mit den gebogenen Fasern der aponeurotischen Scheide sehr übereinstimmten. Sodann erkennt man ein in bogenförmige Schlingen auslaufendes Gefässnetz [4]), deren feinste Röhren nur eine Reihe Blutkörperchen führen. Es ist schwer mit Bestimmtheit zu sagen, scheint aber so, dass das Gefässnetz in dieser mittleren Membran liegt, denn es ist durchaus nur einfach, und wenn man das Septum von der oberen oder unteren Seite betrachtet, so gehen immer die Ausbreitungen der Nerven, welche eine doppelte Lage formiren, über dasselbe

---

1) Fig. X. A. B. e. e. e. g. g. g.

2) Fig. II. B. b. b. b. b. c. c. c.

3) Fig. II. B. e. e.

4) Ebendas. d. d. d.

weg [1]). Die beiden andern Membranen sind zwei ebenfalls sehr dünne, fein granulirte Schichten, eine obere, als Boden des oberen Kästchens, eine untere, als Decke des zunächst gelegenen unteren Kästchens. Jede dieser Membranen besteht aus einer äusserst weichen, durchsichtigen Masse, mit feinen, punktförmigen, zerstreuten Körnchen durchsetzt [2]). Wendet man sehr starke Vergrösserungen an, so zeigen diese feinen Punkte zum Theil wirklich einen Durchmesser [3]), den ich auf etwa $\frac{1}{2000}$ Linie anschlage. Dazwischen sind aber in grösseren Distanzen rundliche, granulirte Kerne eingelagert [4]), von denen die kleineren $\frac{1}{400}$ [5]), die grösseren bis $\frac{1}{200}$ Linie messen. Dadurch erlangt das Ansehen eine entfernte Ähnlichkeit mit einem Epithelium. Man sieht aber weder die isolirten Zellen eines Pflasterepitheliums, noch die Cylinder eines Cylinderepitheliums. Anfänglich glaubte ich eine solche zellige Structur wahrzunehmen, weil ich die feinsten Ramificationen der Nerven für die Contouren der verbundenen Epithelialzellen hielt; einen Irrthum, den ich bald bei genauerer Verfolgung einsehen lernte.

Einzelne Primitivfasern strahlen nun ihre Äste auf der oberen Membran oder Schicht aus [6]), andre auf der unteren [7]), zugleich aber auf den Überzug der vertikalen Wände der Säulen [8]).

Bei grosser Sorgfalt gelingt es, einzelne Äste der Primitivfasern bis in alle ihre Endzweige zu verfolgen [9]), und man überschaut dann die ganze Ramification allmählig mit der grössten Klarheit [10]). Man muss zu dem Endzweck einen Abschnitt eines Septums wählen, an welchem eine Primitivfaser

---

1) S. die Ausbreitung Fig. III. B. über die Gefässe i. i. i.
2) Fig. III. B. Fig. IX. das ganze Gewebe.
3) Fig. IX. f. f. f.
4) Fig. III. B. h. h. h. Fig. IX. e. e. e.
5) Ebendas. Fig. IX. e^1.
6) Fig. II. B. b^1.
7) Fig. II. B. b^2.
8) Fig. X. A. B. e. e. g. g.
9) Fig. III. B.
10) Ein solches Blättchen Fig. III. A. in natürlicher Grösse, Fig. III. B. mit möglichster Sorgfalt ganz nach der Natur gezeichnet.

mit ihren Ästen hängt und diesen sorgfältig, ohne Wasserzusatz, auf der Glasplatte ausbreiten und mit einem Deckgläschen bedecken, das nicht zu dick und schwer seyn darf. Hier bemerkt man, dass jeder Hauptast eine Strecke verläuft und sich dann zuerst immer dichotomisch theilt [1]). An jeder solchen Theilungsstelle wird die Markmasse des Astes dünner, blasser, verliert die doppelten Contouren und theilt sich in zwei dünne Schenkel [2]), welche kurz darauf wieder dicker werden, ja den Durchmesser ihres Stammasts erreichen und wieder die zwei Contouren zeigen [3]). Jeder solche Theilungsast theilt sich dann nach einiger Zeit wieder dichotomisch; die Äste gehen unter mancherlei Winkeln ab, bald Vförmig, bald sehr gespreizt, und vertheilen sich in langen Bogen und wurzelförmigen Ausläufern auf die zierlichste Weise. Überall, wo Äste abgehen, theilt sich auch die Scheide und bildet für jeden weiteren Zweig derselben einen weiten Überzug, durch welchen das Mark vom Muttergewebe des elektrischen Organs isolirt wird [4]). Überall nimmt man auch Kerne wahr [5]). Hie und da, aber doch selten, kommen auch dreifache Theilungen der Äste vor, sonst ganz mit ähnlichen feinen Wurzeln, wie die zweifachen Theilungen entstehend [6]).

Ich nenne diese Äste, welche büschelförmig alle aus dem Terminalpunkt der Primitivfaser entspringen: *Primitiväste* oder *Aeste erster Ordnung*. Nachdem dieselben sich vielfach gespalten und verzweigt haben, wobei sie nur wenig im Durchmesser verlieren, gehen aus ihnen zuletzt dünnere Äste hervor, an denen die Scheide sich plötzlich enger anlegt und verschwindet. Von ihnen entspringen, gewöhnlich sehr gespreizt, viel feinere blässere Äste [7]). Ehe noch dieselben abgehen, hat das Mark mit seinen doppelten Contouren aufgehört, ohne dass diese über einander zusammenflössen, wie es an manchen

---

1) Fig. III. B. f. f. f. f.

2) Fig. VII. c.

3) Fig. VII. b. b.

4) Fig. III. B. b. b. b. b.

5) Ib. c. c. c. Fig. VII. e.

6) Fig. III. B. ff.

7) Ib. g. g. g. Fig. IX. b. c. d.

nicht ganz frischen Präparaten der Fall ist [1]). Ich nenne diese Äste oder vielleicht besser Zweige: *Aeste der zweiten Ordnung*, *Secundäräste*. Sie sind blasser, haben auch scharfe, aber feine Begrenzungen, die niemals doppelt, immer einfach erscheinen. Innerhalb derselben erkennt man eine zarte feinkrümelige Masse, welche Gestalt die Fortsetzung des Marks angenommen hat. Diese Äste verzweigen sich sogleich hirschgeweihartig, werden sehr fein und enden, wie es scheint, frei und offen, entziehen sich aber bei einem Durchmesser von $^1/_{800}$ bis $^1/_{1000}$ Linie der weiteren Beobachtung. Sie bilden, so wenig als die Äste der ersten Ordnung (wie es Savi annahm), ein Netzwerk; sie communiciren weder unter sich, noch mit den benachbarten Endzweigen. Man sieht diess ganz klar bei recht guten Vergrösserungen von 5 bis 600 mal im Durchmesser. Es bleibt immer noch Raum genug frei, wo man blos das feinkörnige Parenchym ohne Nervenverästelungen wahrnimmt. Jeder Secundärast hat sein eignes Gebiet und bleibt in einiger Entfernung von den Endverzweigungen der Sekundäräste andrer Primitivfasern [2]). Man überzeugt sich, dass die Ramificationen über die Gefässschlingen weglaufen, deren Bau und Füllung mit Blutkörperchen [3]) und Lymphkörperchen in dem transparenten Gewebe höchst deutlich ist und die immer nur ein sehr weitmaschiges Netz bilden, zwischen welchen das gefässfreie Parenchym zu Tage liegt.

Bei tiefer Stellung des Mikroskops erscheint auf der unteren Membran eine ähnliche Nervenramification. Zuweilen aber reisst die Membran so, dass am Rande nur eine einfache Schicht von elektrischem Gewebe zurückbleibt, wo man dann auch nur die einfache Schicht von Nervenverästelung findet.

Die Flüssigkeit innerhalb der Kästchen, von welchen Matteucci eine Analyse gegeben hat, zeigt immer eine Trübung durch Beimengung ganz feiner Molekeln.

An einem anderen Orte habe ich aufmerksam gemacht auf die Verwandt-

---

1) Solche sind in meiner Schrift: Neue Untersuchungen u. s. w. Fig. IV. c. dargestellt.

2) Fig. III. B. gg. gg. gg. sind solche Endäste von andren Primitivfasern oder Primitivästen abgebildet.

3) Fig. III. B. i. i. i. i.

schaft dieser Nervenramificationen mit denen in den Muskeln, wo sie jedoch bei weitem nicht so reich und klar sind [1]). Hier sieht man also auf das Genaueste die Bahn, welche das Nervenagens in centrifugaler Richtung zu durchlaufen hat, und man kann dessen Ausstrahlung und Entladung im elektrischen Gewebe gleichsam graphisch vorgezeichnet sehen. Diese Anschauung schliesst jede Art von Schlingenbildung der Primitivfasern aus.

So weit unsre jetzigen mikroskopischen Hülfsmittel reichen, glaube ich die Nervenendigungen und die eigentliche Substanz des elektrischen Organs bis an ihre letzte Grenze verfolgt zu haben. Die gewissenhaft gezeichneten Abbildungen werden in mancher Hinsicht eine bessere Übersicht gewähren, als es irgend einer Beschreibung möglich ist.

Es bleibt mir noch übrig, einiges über die Ausdehnung der in die elektrische Spannung trennenden Oberfläche und die numerischen Verhältnisse der Elemente (quere Scheidewände oder eigentlich Kästchen) zu sagen.

Die ersten Zählungen hat Hunter angestellt [2]). Er zählte bei einem grossen Zitterrochen 1182 Säulen, bei einem kleinen 470 Säulen. Hunter vermuthet, dass mit dem Wachsthum des Thiers neue Reihen von Säulen nach der Peripherie zu entstehen, was gewiss unrichtig ist. Es vergrössern sich lediglich die Dimensionen der vorhandenen. Valentin [3]) zählte bei einem männlichen Torpedo Galvanii von zehn Zoll fünf Linien Länge und fünf Zoll sechs Linien grösster Breite 410 Säulen. Die mittlere Höhe der Säule betrug zwei Linien, die nach hinten von dem vorderen Rande des Organs entfernte vier Linien, in der Mitte der Länge desselben sieben Linien und zwei Linien nach vorne von dem hinteren Ende entfernt 4,5 Linien, was eine mittlere Höhe von 5,2 Linien geben würde. Valentin fand nach mikrometrischen Messungen auf einem feinen senkrechten Longitudinalschnitt neun und funfzig Septa auf die Linie kommend, wornach er 125788 Septa, oder im ganzen elektrischen Apparat obigen Exemplars 251576 Septa berechnet, eine Schätzungszahl, welche er eher für zu klein, als zu gross hält. Bei einem

---

1) S. den früher citirten Artikel im Handwörterbuch der Physiologie.

2) Hunter philosoph. transactions. Year 1773. P. 2. p. 481.

3) Valentin Handwörterbuch d. Physiologie. Bd. I. S. 254.

Embryo von Torpedo Galvanii von 3 Zoll 1,5 Linien Länge und 1 Zoll 8 Linien Breite zählte Valentin ungefähr 298 Säulchen. Die mittlere Höhe der letzteren betrug ungefähr 1 Linie, worauf 166 Septa kamen, deren Gesammtzahl er auf ungefähr 49468 anschlug, woraus er schliesst, dass mit fernerem Wachsthum die Zahl der Plattenpaare sich vermehrt, dass die Säulen an Höhe und an Zahl zunehmen, was, wie ich glaube und oben bemerkt habe, nicht der Fall ist. Bei einer früheren Zählung [1]) fand ich bei einem noch mit dem Dottersacke versehenen Fötus von Torpedo ocellata in dem elektrischen Organe einer Seite 400 Säulen ungefähr; bei einem zehn Zoll langen Exemplar von Torpedo marmorata aber 420 Säulen. Solche kleinere Verschiedenheiten sind wohl individuell oder kommen auf Rechnung des Verzählens, besonders bei kleinen Exemplaren. Dass meine früheren Zählungen im Allgemeinen richtig waren, beweist das Resultat neuerer Zählungen, welche Herr Dr. Rudolph Leuckart dahier auf meine Bitte, an Weingeistexemplaren ausführte und worauf er die gemeinschaftlich mit Herrn Gould angestellten Berechnungen der Oberflächen gründete.

Von Torpedo ocellata wurde ein kleines 3 Pariser Zoll langes und 2 Zoll breites Individuum, äusserlich noch mit Dottersack versehen, untersucht. Das elektrische Organ der rechten Seite, dessen grösste Länge 1 Zoll und grösste Breite 6 Linien betrug, enthielt ungefähr 410 einzelne Säulen mit einem mittleren Durchschnitt von $\frac{1}{3}$ Linie.

Ein Exemplar von Torpedo marmorata hatte eine Länge von 8 Zoll 6 Linien, eine Breite von 6 Zoll. Die Anzahl der Säulen des elektrischen Organs der linken Seite, dessen grösste Länge 3 Zoll, die grösste Breite 1 Zoll 6 Linien war, betrug 449. Jedes Feld wurde zur Probe mit Dinte bezeichnet. Der quere Durchmesser der einzelnen Säulen wurde von Herrn Leuckart auf eine Linie im Durchschnitt geschätzt.

Ein zweites, grösseres Individuum von $14\frac{1}{2}$ Zoll Länge und 9 Zoll Breite besass in dem Apparate der rechten Seite, mit dem grössten Längendurchmesser von 5 Zoll und der grössten Breite von $2\frac{1}{2}$ Zoll, eine Summe von 420 Säulen, deren Zahl auf ähnliche Weise, wie beim vorigen Individuum

1) Vergl. mein Lehrbuch der Zootomie. S. 247.

controllirt wurde. Den durchschnittlichen Querdurchmesser durfte man mindestens auf $1^2/_3$ Linie setzen. Die Höhenmessungen der Säulen an verschiedenen Punkten ergaben folgendes Resultat:

A. Am inneren Rande:

Vorne 7‴, in der Mitte 12‴, hinten 8‴.

B. Am äusseren Rande:

Vorne 3‴, hinten 4‴, in der Mitte 4‴.

C. In der mittleren Längsaxe:

Vorne 5‴, hinten 6‴, in der Mitte 5‴.

Wonach sich eine durchschnittliche Höhe der einzelnen Säulen = 6 Linien ergiebt, ein Resultat, das eher zu gering, als zu hoch angenommen ist, weil die längeren Säulen eine beträchtlichere Zahl ausmachen, als die kurzen.

Die mikrometrische Messung ergab als die Entfernung der einzelnen queren Septa in den Säulen $^1/_{30}$ Linie. Da sonach 30 Septa auf die Linie kommen, so enthält also jede Säule, mit einer durchschnittlichen Höhe von 6 Linien, 180 Septa oder übereinander geschichtete Kästchen. Bei einer Annahme von 420 Säulen dieser Dimension, bekommen wir 75600 Septa oder Kästchen für jedes der seitlichen Organe.

Zur Bestimmung des Oberflächenmaasses eines jeden Kästchens ist es nöthig, die Oberfläche eines jeden Septums und die Distanzfläche zwischen je zwei Septa in Rechnung zu bringen, woraus sich die Formel ergiebt:

$$= 2r^2\pi + 2r\pi h = 2r\pi (r + h)$$

$$r = 0{,}83$$

$$h = 0{,}03$$

$$r + h = 0{,}86$$

$$\pi = 3{,}14.$$

Bei der Ausführung der Berechnung erhalten wir eine Oberfläche der Kästchen

$$= 4{,}54 \square\text{Linien.}$$

Multiplicirt mit der Anzahl der Kästchen (75600) erhalten wir für die Oberfläche des ganzen Apparats der einen Seite

$$= 16{,}55 \text{ Quadratfuss.}$$

Ein solcher Fisch, wie er für diese Berechnung verwendet wurde, gehört immer noch nicht zu den ausgewachsenen, obwohl zu den grösseren Indivi-

duen. Freilich sind schon Fische von 10 und 8 Zoll Länge in beiden Geschlechtern vollkommen zeugungsfähig. Die grössten, welche gewöhnlich vorkamen, massen 15 bis 18 Zoll, seltner einzelne 24 bis 28 Zoll. Ein solches grosses Thier würde demnach für beide elektrische Organe eine Contactfläche von etwa 60 Quadratfuss darbieten, was ziemlich mit Lacepède's Annahme übereinstimmt, der die in Spannung tretende Oberfläche eines Torpedo von gewöhnlicher Grösse zu 58 Quadratfuss annimmt, eine Zahl, die immer noch bedeutend unter der von Valentin [1]) bleibt, welcher einem Torpedo Galvanii von 10 Zoll 5 Linien Länge eine Contactoberfläche von 72,8 Quadratfuss giebt. Ein Element (Kästchen) = 6 bis 8 □Linien.

Ich beschränke mich auf diese anatomischen Mittheilungen. In physikalischer Hinsicht dürften den Versuchen von Humboldt, Davy, Linari, Schoenbein, Faraday und Matteucci über electrische Fische zur Zeit kaum neue Thatsachen hinzuzufügen seyn.

Ich bedaure übrigens, in Bezug auf die neuerlich von Robin entdeckten Organe, welche im Schwanze der gewöhnlichen Rochen liegen, die er auch für elektrische anspricht, keine eigenen Beobachtungen hinzufügen zu können. Nach einer oberflächlichen Untersuchung, gemeinschaftlich mit Herrn Savi, sah ich allerdings, dass es Gebilde eigenthümlicher Natur sind, welche in ihrem Bau einigermassen Ähnlichkeit haben mit dem, aus polyedrischen Zellen oder Kästchen wie ein Mauerwerk zusammengesetzten Organe von *Silurus* s. *Malapterurus electricus*. Herr Matteucci fand jedoch bei seinen an lebenden Rochen deshalb angestellten Experimenten keine Erscheinungen, welche auf eine elektrische Natur des Apparates schliessen lassen.

Eben so bedaure ich in hohem Grade, dass Zeit und Umstände mir es nicht gestatteten, eine genauere Untersuchung jener merkwürdigen Organe vorzunehmen, welche Herr Savi unter dem Namen „appareil folliculaire nerveux" beschrieben hat [2]). Die Beschreibung, so wie die Abbildungen [3]) des italienischen Naturforschers sind sehr sorgfältig, und ich wüsste denselben kaum et-

1) Handwörterb. d. Physiol. Bd. I. S. 278.

2) A. a. O. S. 332.

3) Ebendas. besonders Tab. III. Fig. 10—15.

was hinzuzufügen. Die ansehnlichen, stecknadelkopfgrossen, pelluciden Bläschen fallen sogleich beim Abziehen der Haut auf und es ist befremdend, dass man sie bisher noch nicht bemerkt hatte, obwohl Savi bereits vor einigen Jahren eine Mittheilung darüber gab, die er in der mehrfach erwähnten Schrift noch vervollständigte. Diese reihenweise gestellten, vorzüglich an der Schnauze (um den Mund und die Nasenlöcher) gelagerten, dann unter der Haut und der aponeurotischen Scheide am vorderen Theil des elektrischen Organs bis zu dessen Seiten sich verbreitenden Bläschen, sind mit einer sehr zähen klebrigen Flüssigkeit gefüllt, welche eine feinere mikroskopische Analyse sehr erschwert. Ich kam so wenig als Savi damit zu Stande, die Verzweigung der Nerven darin zu entdecken. Die starken Äste vom fünften Paare, welche sich daran verbreiten, deuten auf eine besondere Funktion, die vielleicht mit der Tastempfindung im Zusammenhange steht. Sollten es Organe seyn, welche bei der Berührung die reflektirte Thätigkeit des elektrischen Organs durch Fortpflanzung des Reizes auf die Centraltheile vermitteln? Sollten sie dem Nahrungsinstinkte des Thiers dienen?

Erklärung der Abbildungen.

Fig. I. Zwei Säulen des elektrischen Organ's eines sehr grossen Torpedo bei vierfacher Vergrösserung, a, a, a, a. Ein Nervenzweig b, welcher bald sich theilt und einzelne Primitivfasern c, c, c abgiebt, welche sich in ihre Äste büschel- und doldenförmig auflösen. Primitivfasern c von andren Zweigen treten ebenfalls an die Säulen. Andre Zweige des Nervenasts d, d, d, d gehen zu benachbarten Säulen.

II. A. Vier Säulen unter gleicher Vergrösserung von ihren Septis aus gesehen oder so zu sagen vier Septa (quere Scheidewände) von den Faserschichten, als Fortsetzungen der aponeurotischen Scheide eingefasst.

II. B. Ein Septum bei ungefähr 10maliger Vergrösserung; a, a, a, a sehnige Fasern. b^1 eine Nervenfibrille, welche sich in der oberen Schicht des Septums verzweigt. b^2 eine Fibrille für die untere Schicht. Äste dieser und andrer Fibrillen verbreiten sich in c, c, c, c, c, c auf dem Septum; d, d, d, Blutgefässe. Einzelne, ziemlich dicke Fasern vom Fasergewebe als integrirende Theile des Septums erscheinen in e, e.

III. A. Ein Stückchen des vorigen Septums mit der Fibrille b^1 in natürlicher Grösse.

III. B. Dasselbe Stück bei ungefähr 300maliger Vergrösserung. Eine Primitivfaser (b^1 Fig. II. B) a von ihrer faserigen Scheide b eingefasst, welche in c, c einliegende Kerne zeigt, schwillt etwas kolbenförmig an und giebt bei d die Äste erster Ordnung, e, e, e, e, e ab, die alle von ihrer Scheide b, b, b, begleitet werden; in diesen Scheiden liegen die Kerne c, c, c, c. Die meisten Äste, welche sich an der oberen Schicht des Septums vertheilen, sind abgeschnitten, um die Verzweigung eines Ast's sehen zu lassen, dessen Ramification mit der grössten Sorgfalt nach der Natur gezeichnet ist. Dieser Ast theilt sich in f^1, f^2, f^3 und f, f, f immer dichotomisch. Nicht alle diese Zweige konnten verfolgt werden, wie z. B. der Zweig bei * abgerissen ist. Bei ff ist eine dreifache Theilung zu sehen. In g, g, g sind die Zweige zweiter Ordnung mit ihrer Endausstrahlung im Parenchym dargestellt. Die Ramificationen gg, gg

stammen von andren Ästen. Das fein punktirte elektrische Gewebe zeigt in h, h, h, h, grössere eingesprengte Kerne. Bei i, i, i, sieht man Blutgefässe mit Blut- und Lymphkörperchen.

IV. Bandartige Streifen, welche die Säulen zu umgeben scheinen.

V. Grössere, gerade oder wellenförmige Bündel des fasrigen Gewebes, a, b, c, zwischen den Säulen, welche die dicken Nervenprimitivfasern d, d, begleiten.

VI. Eigenthümliche stärkere ramificirte Fasern a zwischen den Zellgewebsfibrillen c, c, c, welche zuweilen mit kleinen Kernen b, b, in Verbindung zu stehen scheinen; alles genommen von der Oberfläche der obersten Septa.

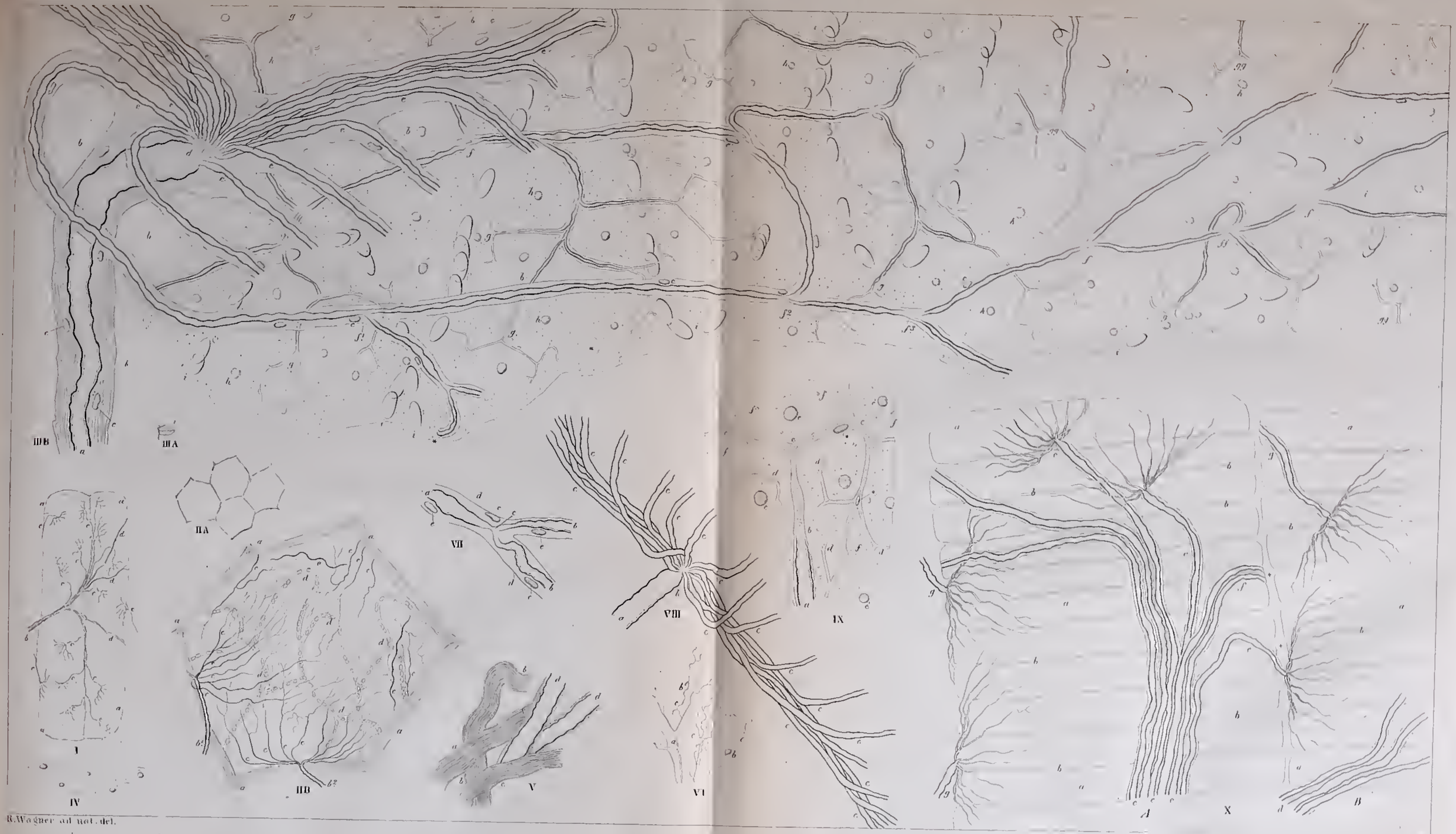
VII. Stärker vergrösserte dichotomische Theilung eines Primitivfaserastes a mit den Zweigen b, b, welche in c abgehen; bei d die Scheide mit den Kernen e, e, e.

VIII. Die Primitivfaser a, deren Scheide weggelassen ist, theilt sich bei b in eine grosse Anzahl Äste c, c, c, c, c, c etc.

IX. Eine kleine Partie des elektrischen Gewebes sehr stark vergrössert, um die Endausstrahlung der Äste zweiter Ordnung zu sehen, auch etwas im Wasser aufgequollen, wodurch die Endzweige deutlicher, das Mark darin krümeliger wird. Bei a sieht man noch die doppelten Contouren des Marks, das bei b offen aufhört, wo dann das Mark krümelig wird, sich in die Äste c, c, c, fortsetzt, bei * selbst kleine kernartige Klümpchen bildet, in den feinsten Ästchen d, d, d aber nicht mehr deutlich zu unterscheiden ist. Bei e, e, e grössere, bei e^1 kleinere Kerne, bei f, f, f die rundlichen Molekeln des elektrischen Gewebes.

X. Partien von zwei Säulen A und B, deren Kästchen a, a durch die Scheidewände b, b, b getrennt werden. Nervenäste c, c und d aus mehreren Primitivfasern bestehend. Einzelne Fibrillen e, e, e, so wie andre Fibrillen g, g von benachbarten Nervenzweigen strahlen in ihre Äste aus. Bei ** sieht man den Raum zwischen je zwei Säulen, welcher durch Zellgewebe und sehnige Fasern, Blutgefässe und Nervenäste ausgefüllt wird.

Zu R Wagners Abhandlung über das elektrische Organ d. Zitterrochen.



R.Wagner ad Nat. del.

Lith.v E Bitmüller.